

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage — V

- 1 **Einleitung — 1**
- 2 **Differentialgleichungen erster Ordnung — 8**
- 3 **Homogene und inhomogene lineare Differentialgleichung erster Ordnung — 12**
- 4 **Der funktionale Zusammenhang zweier physikalischer Größen — 15**
 - 4.1 Potentielles Wachstum — 15
 - 4.2 Exponentielles Wachstum — 17
 - 4.3 Exponentiell beschränktes Wachstum — 18
 - 4.4 Logistisches Wachstum — 20
- 5 **Kompartimentmodelle — 25**
- 6 **Numerisches Lösen von Differentialgleichungen erster Ordnung — 31**
- 7 **Differentialgleichungen zweiter Ordnung — 35**
 - 7.1 Physikalische Systemumgebungen — 37
 - 7.2 Beispiele zu den Bewegungsgleichungen — 38
- 8 **Die Verformungen eines Festkörpers — 54**
 - 8.1 Dehnung und Stauchung am Stab — 55
 - 8.2 Die elastischen Konstanten eines isotropen Körpers — 61
- 9 **Elastische, viskose und plastische Materialien — 68**
 - 9.1 Ideal-viskose Fluide — 68
 - 9.2 Visko-elastische Stoffe und Modelle — 70
- 10 **Statische Auslenkungen einer vorgespannten Saite — 79**
- 11 **Balkenbiegungen — 83**
 - 11.1 Biegelinien — 85
- 12 **Schwingungen — 103**
 - 12.1 Das ungedämpfte Federpendel — 103
 - 12.2 Das gedämpfte Federpendel — 106

| | |
|-----------|--|
| 13 | Numerisches Lösen von Differentialgleichungen zweiter Ordnung — 111 |
| 13.1 | Das Fadenpendel — 113 |
| 13.2 | Das physikalische Pendel — 114 |
| 13.3 | Das Torsionspendel — 117 |
| 14 | Erzwungene Schwingungen — 123 |
| 15 | Gekoppelte Pendel — 133 |
| 15.1 | Die Schwebung — 135 |
| 15.2 | Schwingungstilger ohne Dämpfung — 137 |
| 16 | Partielle Differentialgleichungen — 142 |
| 16.1 | Darstellung von eindimensionalen Wellen — 143 |
| 16.2 | Die Wellengleichung der ungedämpft schwingenden Saite — 145 |
| 16.3 | Die Bernoulli-Lösung für eine freie Saitenschwingung — 150 |
| 16.4 | Erzwungene Saitenschwingungen ohne Dämpfung — 161 |
| 16.5 | Modalanalyse — 165 |
| 17 | Die Wellengleichung für Longitudinalschwingungen eines Stabs — 173 |
| 17.1 | Freie Longitudinalschwingungen eines Stabs — 174 |
| 17.2 | Erzwungene Longitudinalschwingungen eines Stabs — 178 |
| 17.3 | Die Wellengleichung für Torsionsschwingungen eines kreisrunden Stabs — 183 |
| 17.4 | Die Wellengleichung für Scher- oder Schubschwingungen eines Stabs — 184 |
| 18 | Die Gleichung für Biegeschwingungen eines Balkens — 187 |
| 18.1 | Euler'sche Knicklast ohne Eigengewicht — 191 |
| 18.2 | Euler'sche Knicklast mit Eigengewicht — 195 |
| 18.3 | Biegeschwingungen ohne Dämpfung und Last — 199 |
| 18.4 | Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit und Last — 207 |
| 18.5 | Biegeschwingungen ohne Dämpfung, Rotationsträgheit und Last — 208 |
| 18.6 | Freie Biegeschwingungen ohne Rotationsträgheit — 209 |
| 18.7 | Erzwungene Biegeschwingungen eines Balkens — 215 |
| 18.8 | Biegeschwingungen mit verteilten Massen — 218 |
| 19 | Die Gleichung für Schwingungen einer Membran — 224 |
| 19.1 | Schwingungen der Rechteckmembran ohne Last — 226 |
| 19.2 | Erzwungene Schwingungen der Rechteckmembran — 229 |
| 19.3 | Schwingungen der Kreismembran ohne Last — 234 |
| 19.4 | Erzwungene Schwingungen der Kreismembran — 238 |

| | |
|-----------|---|
| 20 | Die Plattengleichung — 242 |
| 20.1 | Die Plattengleichung für Rechtecksplatten — 244 |
| 20.2 | Die Lösung für die allseitig gelenkig gelagerte Rechtecksplatte — 247 |
| 20.3 | Die Lösung der Plattengleichung für Kreisplatten — 250 |
| 20.4 | Die Gleichung für Biegeschwingungen einer Platte — 253 |
| 20.5 | Freie Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 254 |
| 20.6 | Erzwungene Biegeschwingungen der Rechtecksplatte — 257 |
| 21 | Wärmetransporte — 261 |
| 21.1 | Stationäre Wärmeleitung für drei Grundkörper — 262 |
| 21.2 | Quantitative Erfassung der Konvektion — 267 |
| 21.3 | Kombination von Wärmeleitung und Konvektion — 267 |
| 22 | Instationäre Wärmeleitung ohne innere Wärmequellen — 275 |
| 22.1 | Lösungen der instationären Wärmeleitungsgleichung — 278 |
| 22.2 | Die instationäre Lösung für die Platte mit Randbedingung 1. Art — 282 |
| 22.3 | Die instationäre Lösung für die Platte mit Randbedingung 3. Art — 286 |
| 22.4 | Die instationäre Lösung für die Kugel mit Randbedingung 1. Art — 289 |
| 22.5 | Die instationäre Lösung für die Kugel mit Randbedingung 3. Art — 293 |
| 22.6 | Die instationäre Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 1. Art — 295 |
| 22.7 | Die instationäre Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 3. Art — 298 |
| 22.8 | Instationäre Wärmeleitung mit Randbedingung 2. Art — 300 |
| 22.9 | Die Lösung für die Platte mit Randbedingung 2. Art — 301 |
| 22.10 | Die Lösung für den Zylinder mit Randbedingung 2. Art — 304 |
| 22.11 | Die Lösung für die Kugel mit Randbedingung 2. Art — 307 |
| 23 | Instationäre Wärmeleitung bei nicht konstanter Starttemperatur — 311 |
| 24 | Näherungslösungen für die Reihenlösung — 315 |
| 24.1 | Erstes Glied der Reihenlösung — 315 |
| 24.2 | Der ideal gerührte Behälter — 318 |
| 24.3 | Der halbunendliche Körper — 322 |
| 24.4 | Zusammenfügen zweier halbunendlicher Körper — 335 |
| 25 | Wärmeleitung mit innerer Wärmequelle — 339 |
| 26 | Wärmeübertragung mit Rippen — 343 |
| 27 | Wichtige Kennzahlen und Größen der Wärmeübertragung — 348 |
| 27.1 | Die Nusselt-Zahl — 348 |
| 27.2 | Die Reynolds-Zahl — 348 |
| 27.3 | Der hydraulische Durchmesser — 350 |

XII — Inhalt

| | |
|-----------|--|
| 27.4 | Die Prandtl-Zahl — 352 |
| 27.5 | Die Nusselt-Zahl für durchströmte Rohre — 352 |
| 28 | Gleich- und Gegenstromwärmeüberträger — 359 |
| 29 | Wärmestrahlung — 367 |
| 29.1 | Strahlungsübertragung — 368 |
| 29.2 | Kombination von Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung — 372 |
| 29.3 | Der ideal gerührte Behälter bei Strahlung — 372 |
| 29.4 | Der ideal gerührte Behälter bei Konvektion und Strahlung — 375 |
| 30 | Strömungen — 382 |
| 30.1 | Reibungsfreie Rohrströmungen — 382 |
| 30.2 | Die Kontinuitätsgleichung — 383 |
| 30.3 | Die Euler-Gleichung und die Bernoulli-Gleichung — 385 |
| 30.4 | Die Impulsbilanz am Stromfaden — 396 |
| 30.5 | Ausfluss- und Entleerungszeiten — 410 |
| 31 | Wirbelströmungen — 415 |
| 31.1 | Rotation und Zirkulation einer Strömung — 417 |
| 32 | Potentialströmungen — 424 |
| 32.1 | Stromlinien und Stromfunktion — 427 |
| 33 | Lösungen von Potentialströmungen — 432 |
| 33.1 | Die erste Grundlösung: Die Translationsströmung — 432 |
| 33.2 | Die zweite Grundlösung: Die Quellströmung — 432 |
| 33.3 | Überlagerung von Translations- und Quellströmung — 434 |
| 33.4 | Überlagerung von Translations-, Quell- und Senkeströmung — 437 |
| 33.5 | Die dritte Grundlösung: Die Dipolströmung — 441 |
| 33.6 | Überlagerung von Translations- und Dipolströmung — 442 |
| 33.7 | Die vierte Grundlösung: Der Potentialwirbel — 445 |
| 33.8 | Überlagerung von Potentialwirbel und Quell- bzw. Senkeströmung — 446 |
| 33.9 | Überlagerung von Zylinderumströmung und Potentialwirbel — 447 |
| 34 | Keil- und Eckströmungen — 450 |
| 35 | Reibungsbefahftete Rohrströmungen — 453 |
| 35.1 | Die Bernoulli-Gleichung für reibungsbefahftete Rohrströmungen — 453 |
| 35.2 | Laminare Strömungen — 455 |
| 35.3 | Turbulente Rohrströmungen — 458 |

| | |
|-----------|--|
| 36 | Gerinneströmungen – 1. Teil — 461 |
| 36.1 | Energielinie und Wasserspiegel bei konstantem Abfluss — 462 |
| 36.2 | Trennung der Fließarten — 465 |
| 36.3 | Veränderung der Wassertiefe und Geschwindigkeit bei einer Sohlschwelle — 466 |
| 36.4 | Die Massen- und Impulsbilanz einer Gerinneströmung — 468 |
| 36.5 | Der Wechselsprung — 470 |
| 36.6 | Die Wehrüberströmung — 473 |
| 36.7 | Die Unterströmung eines Schützes — 478 |
| 36.8 | Fließformeln — 483 |
| 36.9 | Bemessungen von Gerinnequerschnitten — 487 |
| 36.10 | Das Spannungs- und Geschwindigkeitsprofil einer laminaren Gerinneströmung — 488 |
| 37 | Zusammenfassung der bisherigen Strömungen — 493 |
| 38 | Die Navier-Stokes-Gleichung — 494 |
| 38.1 | Analytische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung — 496 |
| 39 | Die Grenzschichtgleichungen — 535 |
| 39.1 | Die Grenzschicht einer parallel angeströmten Platte — 538 |
| 39.2 | Die Herleitung der Grenzschichtgleichungen — 542 |
| 39.3 | Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für eine parallel angeströmte Platte — 547 |
| 39.4 | Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für Keilströmungen — 557 |
| 39.5 | Grenzschichtablösungen — 562 |
| 39.6 | Die Grenzschichtgleichungen in integraler Form — 567 |
| 39.7 | Näherung des Geschwindigkeitsprofils durch eine Polynomfunktion — 569 |
| 39.8 | Das Pohlhausen-Profil für Keilströmungen — 571 |
| 40 | Die Energieerhaltung reibungsbehafteter Strömungen — 577 |
| 40.1 | Die Herleitung der Temperaturgrenzschichtgleichungen bei erzwungener Konvektion — 579 |
| 40.2 | Die Dicke der Temperaturgrenzschicht bei erzwungener Konvektion — 583 |
| 40.3 | Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $\text{Pr} = 1$, $T_w = \text{konst}$ — 585 |
| 40.4 | Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $\text{Pr} > 1$, $T_w = \text{konst}$ — 592 |
| 40.5 | Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $\text{Pr} < 1$, $T_w = \text{konst}$ — 597 |
| 40.6 | Die analytische Lösung der Temperaturgrenzschichtgleichung für $0,1 \leq \text{Pr} < 1$, $T_w = \text{konst}$ — 598 |

XIV — Inhalt

| | |
|-----------------------------------|--|
| 40.7 | Die numerische Lösung Temperaturgrenzschichtgleichung — 602 |
| 40.8 | Die Nusselt-Zahl als Funktion der Reynolds- und Prandtl-Zahl für die Platte — 610 |
| 41 | Freie Konvektion — 614 |
| 41.1 | Die Grenzschichtgleichungen bei freier Konvektion — 614 |
| 41.2 | Die Lösung der Grenzschichtgleichungen für die Platte — 616 |
| 41.3 | Näherung des Geschwindigkeits- und Temperaturprofils durch eine Polynomfunktion — 621 |
| 42 | Turbulente Strömungen — 631 |
| 42.1 | Die Stabilität einer laminaren Strömung — 632 |
| 42.2 | Die Beschreibung der Turbulenz — 634 |
| 42.3 | Die Reynolds-Gleichungen — 636 |
| 42.4 | Der Mischungsweg von Prandtl — 638 |
| 42.5 | Geschwindigkeitsprofile einer Plattenströmung — 640 |
| 42.6 | Geschwindigkeitsprofile einer Rohrströmung — 650 |
| 42.7 | Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Rohrströmung — 652 |
| 42.8 | Reibungswiderstand und Grenzschichtdicke der Plattenströmung — 658 |
| 42.9 | Die Nusselt-Zahl bei laminarer und turbulenter Strömung — 670 |
| 42.10 | Die Aufteilung der Energieerhaltung — 676 |
| 42.11 | Gasströmungen in Rohren — 689 |
| 43 | Gerinneströmungen 2. Teil — 693 |
| 43.1 | Die Wirbelviskosität und Sohlschubspannung einer Gerinneströmung — 695 |
| 43.2 | Die universelle Fließformel einer Gerinneströmung — 701 |
| 43.3 | Die Windschubspannung — 706 |
| 43.4 | Die Wassertiefe einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — 709 |
| 43.5 | Das Geschwindigkeitsprofil einer Gerinneströmung unter Windeinfluss — 713 |
| 43.6 | Der Windstau an Ufern und Küsten — 718 |
| 43.7 | Das Querprofil der Geschwindigkeit — 723 |
| Literaturverzeichnis — 731 | |
| Stichwortverzeichnis — 735 | |